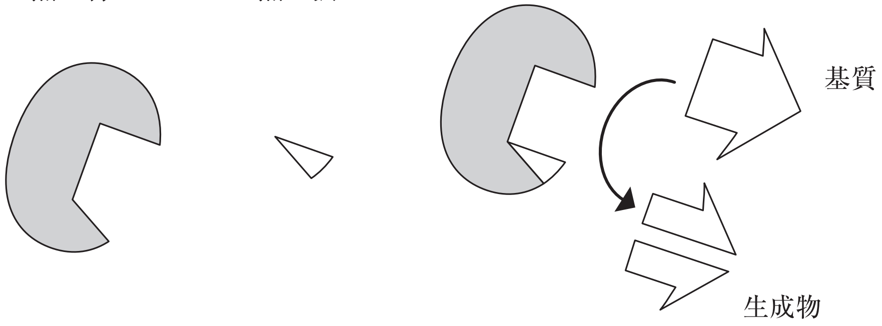
第 4 講　補酵素，酵素反応速度

■補酵素　…　酵素の活性に必須な耐熱性，非ペプチド性の有機低分子物質

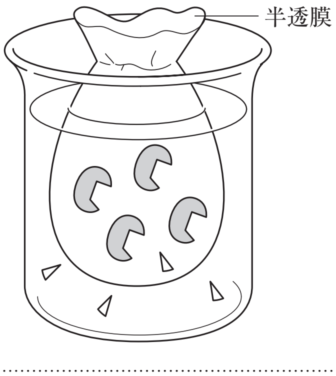
ex　NAD，NADP（ビタミンに由来するものが多い）

タンパク質部分	＋	補助因子	⟶	酵素活性
（アポ酵素）		（補酵素）		（ホロ酵素）
巨大分子		低分子		
熱に弱い		熱に強い		



透析

・分子量の差によって，アポ酵素と補酵素を分離

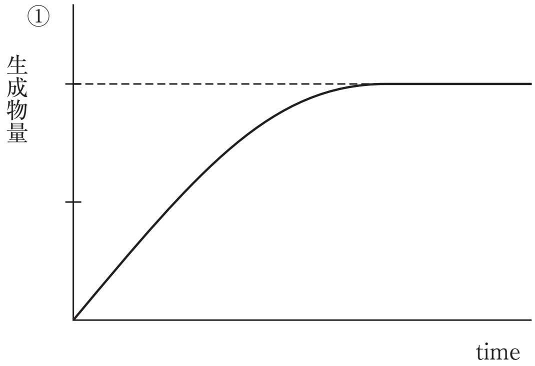


	触媒作用
内液のみ	
外液のみ	
内液＋外液	
加熱内液＋外液	
内液＋加熱外液	

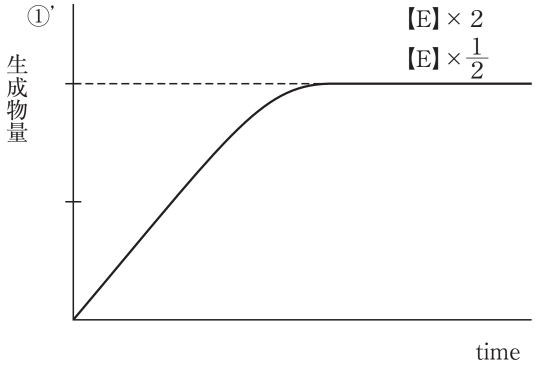
ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

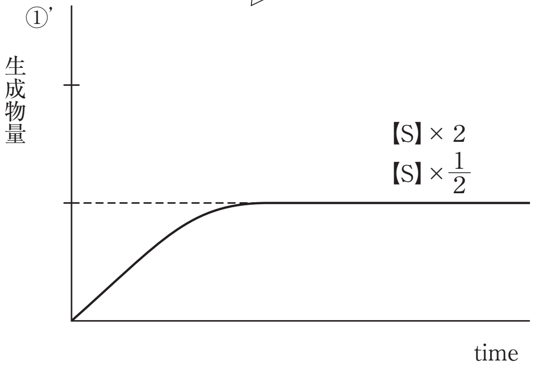
◆酵素反応のグラフ

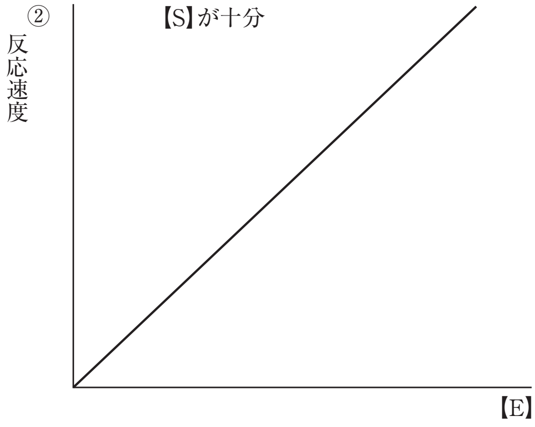
【S】：基質濃度
【E】：酵素濃度

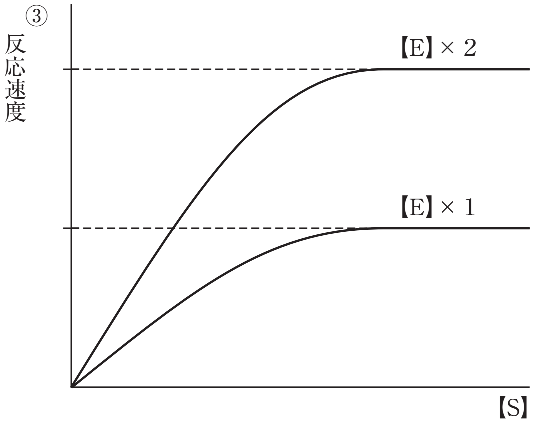


1，最終生成物量
2，分解しきるまでの時間









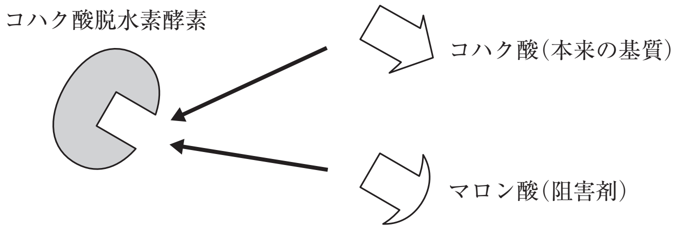
©RECRUIT HOLDINGS

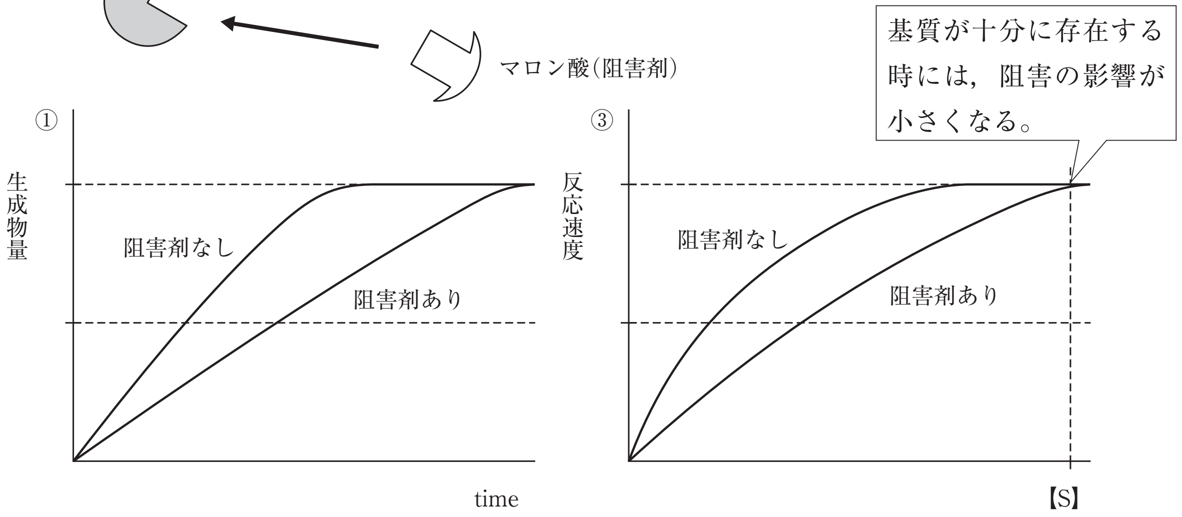
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

■阻害

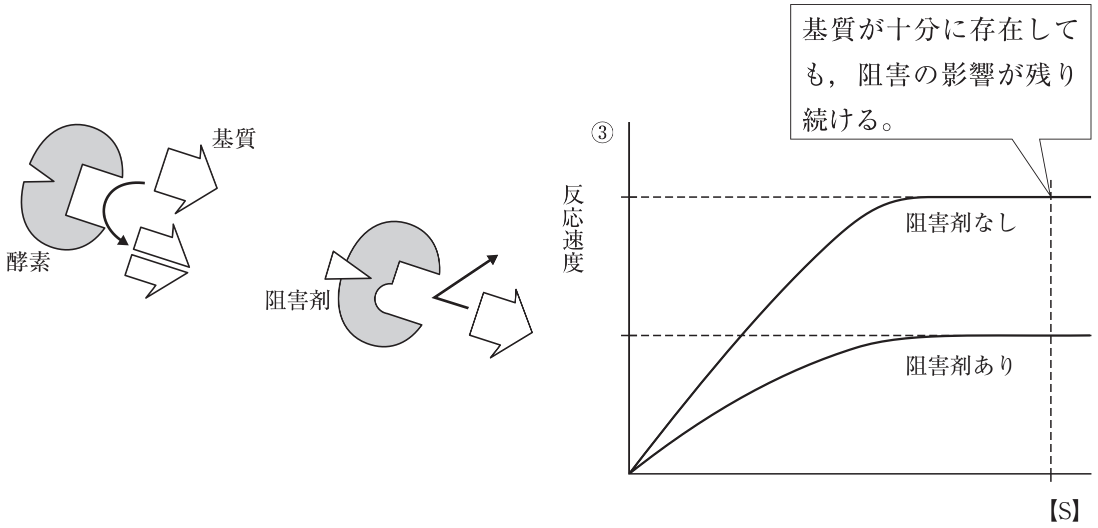
◆競争（拮抗）阻害　…　基質と阻害剤が，活性部位を巡り競争

ex　コハク酸　と マロン酸





◆非競争阻害　…　阻害剤が活性部位以外に結合（アロステリック部位）



非競争阻害…阻害剤が活性部位に結合しない
アロステリック阻害…阻害剤がアロステリック部位に結合することで，酵素の立体構造が変化
フィードバック阻害…反応の調節性を強調

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第4講　演習問題

酵素に関する次の設問に答えなさい。

問1

次の文のうち，正しいものを3つ選びなさい。

① 酵素は一般的にはタンパク質のみからできているが，中には金属や他の有機化合物と結合しているものもある。

② 酵素分子の大きさはおよそ0.1〜1 μm程度である。

③ 細胞外で機能する酵素は細胞内で合成された後，細胞膜を通過して外に分泌される。

④ 細胞外で機能する酵素は細胞内でさまざまな形の構造変化を受け，活性を獲得してから分泌される。

⑤ 酵素が触媒する反応は酵素がなければ絶対に起こりえない。

⑥ 酵素が触媒する反応は，一般的には一方向にしか進まない不可逆的なものである。

⑦ 骨格筋の筋原繊維に含まれるミオシンは構造タンパク質，運動タンパク質であるが，酵素の一種でもある。

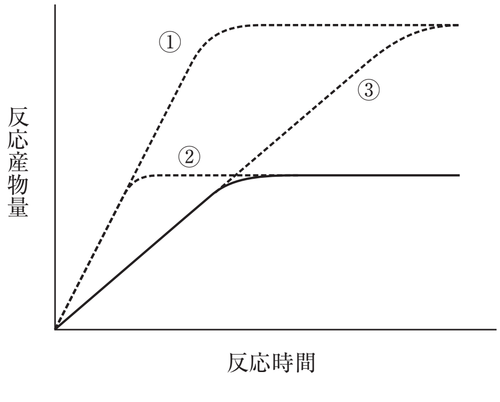
⑧ 酵素の中には乳酸脱水素酵素のようにどの細胞にも存在するものやヘモグロビンのように特定の細胞種にのみ存在するものがある。

⑨ 酵素は触媒する反応を反応産物が多くなるような方向に平衡をずらすはたらきを持つ。

⑩ 出血部位に過酸化水素を含んだ消毒薬をつけたとき，泡が立つのは酵素の作用による。

問2

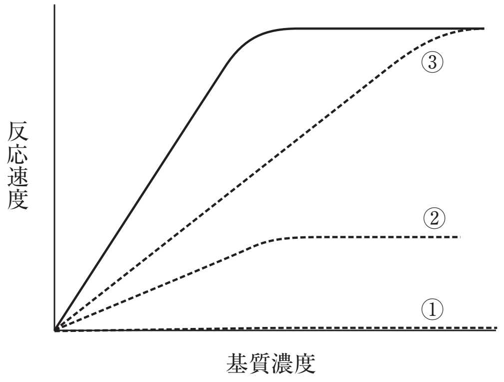
基質を含む溶液にある量の酵素を加え，生じる反応産物の量を時間を追って測定したところ，次の図の実線のようになった。いま倍量の酵素を加えて同様に反応させると，どのような結果が期待されるか。図中の①〜③の中から最も適切なものを1つ選びなさい。



©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

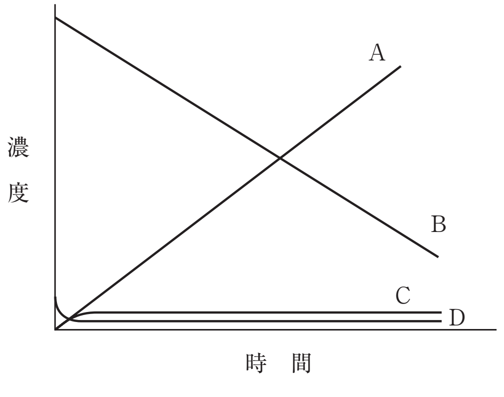
問3

基質と酵素を含む反応液の中に，基質とよく似た構造をもつ化合物を与えたとき，基質濃度と反応速度に関するグラフはどのようなものになるか。次の図の①～③の中から最も適切なものを1つ選びなさい。ただし,実線のグラフは前の化合物を与えないときのものである。



問4

酵素反応では，まず基質(S)が酵素(E)分子と結合し，形成された酵素・基質複合体(ES)で反応が起こって反応産物(P)が生じ，酵素・反応産物複合体となる。次いで酵素から反応産物が放出される。このとき，反応液中のE，S，ES，Pの濃度は時間経過とともにどのように変化するか。それらの濃度の経時変化を模式的に示した次の図のA～Dに対応すると考えられるものを以下の①～④の選択肢の中からそれぞれ1つ選びなさい。



①　S　　　②　E　　　③　ES　　　④　P

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第４講　確認テスト

タンパク質に関する以下の問１，２に答えなさい。

問１　空欄 [(ア)]～[(エ)] に当てはまる語句として最も適切なものを，(ア)～(ウ)は解答群Ａの中から，(エ)は解答群Ｂの中から選べ。

酵素は生体触媒として化学反応を促進する働きを持つ。酵素の反応過程は，酵素と基質とが結合して複合体が形成される段階と，生成物が生じて酵素から離れる段階に分けて考えることができる。この一連の過程で，酵素反応の速度(時間あたりの生成物量)は，[(ア)]の濃度に比例する。このため，[(イ)]濃度を一定にすると，[(ウ)]の濃度が低いときは，反応速度は[(ウ)]濃度にほぼ比例する。十分量の[(ウ)]を加えると，すべての[(イ)]が[(ウ)]と結合して，[(ア)]の濃度は[(イ)]濃度と等しくなり，反応速度は[(エ)]。このときの反応速度を最大速度と呼ぶ。反応液中に基質とよく似た構造の物質（阻害物質）が存在すると，この物質と基質の間で酵素を奪いあい，酵素反応を阻害する。このような物質による酵素反応の阻害を競争的阻害という。競争的阻害では，阻害物質の濃度が一定であるとき，[(ウ)]濃度が低いと，阻害物質が[(イ)]と結合する機会が多くなるため，阻害効果は高い。これに対して，[(ウ)]濃度が高くなると，阻害物質が[(イ)]と結合する機会が少なくなるため，阻害効果は低くなる。

解答群Ａ

①　補酵素	②　活性部位
③　生成物	④　阻害物質
⑤　酵素と基質の複合体	⑥　酵素と生成物との複合体
⑦　酵素と阻害物質との複合体	⑧　基　質
⑨　酵　素	

解答群Ｂ

⑩　基質濃度が増加すると増加する
⑪　基質濃度が増加すると減少する
⑫　基質濃度が増加するといったん増加した後，減少する
⑬　基質濃度が増加するといったん減少した後，増加する
⑭　基質濃度が増加しても一定になる

問２　ある加水分解酵素Xの基質Yに対する働きを調べるため，次の実験を行った。ある濃度の基質Yの入った基質溶液に一定量の酵素Xを加え，全体を1mLとした。図1(A)の実線は，その際にできる生成物の濃度[μg/mL]（1μgは10^{-6}g）の時間変化を表している。また，濃度の異なる基質Yの入った基質溶液をそれぞれ用意し，それらに同じ量の酵素Xを加え，全体を1mLとした。図1(B)の実線は，酵素Xの反応速度を表している。図1に示した実験結果をもとに，(a)〜(c)の設問に答えなさい。ただし，ここで用いている酵素の活性は実験を通して変化しないものとする。

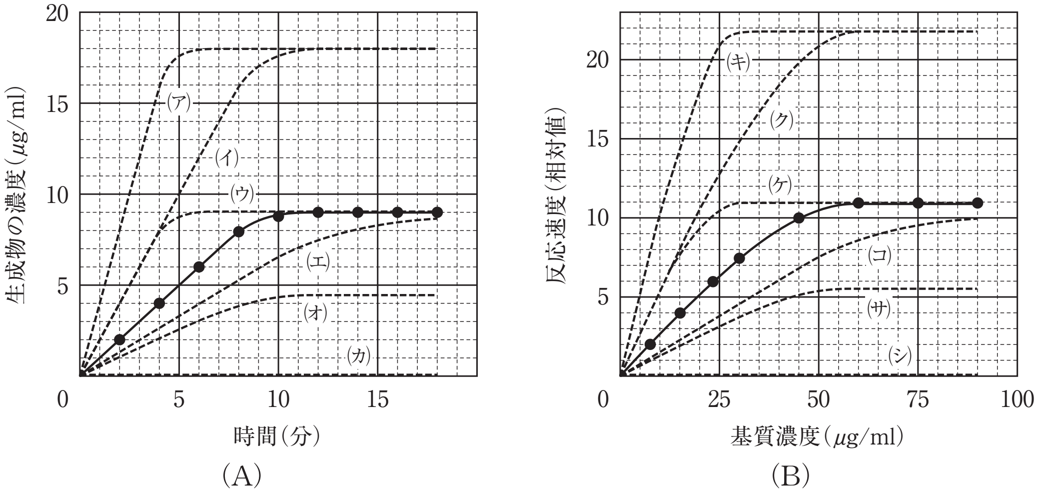


図１

(a)　図1(A)の実験において，酵素濃度を半分にして，その他の条件は変えずに実験を行った場合のグラフは，どの点線で示すグラフのようになるか。適切なものを解答群Cの中から選べ。

解答群C

①　ア　　②　イ　　③　ウ　　④　エ　　⑤　オ　　⑥　カ

(b)　図1(A)と図1(B)の実験において，それぞれ酵素濃度を2倍にして，その他の条件は変えずに実験を行った場合，それぞれのグラフは，どの点線で示すグラフのようになるか。組み合わせで最も適切なものを解答群Dの中から選べ。

(c)　図1(A)と図1(B)の実験において，それぞれの基質溶液に酵素Xの活性を部分的に阻害する濃度の阻害物質を加え，その他の条件は変えずに実験を行った場合，それぞれのグラフはどのようになるか。組み合わせで最も適切なものを解答群Dの中から選べ。ただし，ここで用いる阻害剤は基質の競争的阻害剤であるとする。

解答群Ｄ

00	アとキ	01	アとク	02	アとケ	03	アとコ
04	アとサ	05	アとシ	06	イとキ	07	イとク
08	イとケ	09	イとコ	10	イとサ	11	イとシ
12	ウとキ	13	ウとク	14	ウとケ	15	ウとコ
16	ウとサ	17	ウとシ	18	エとキ	19	エとク
20	エとケ	21	エとコ	22	エとサ	23	エとシ
24	オとキ	25	オとク	26	オとケ	27	オとコ
28	オとサ	29	オとシ	30	カとキ	31	カとク
32	カとケ	33	カとコ	34	カとサ	35	カとシ

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第４講　演習問題

問１　①，⑦，⑩

問２　②

問３　③

問４　A　④　　B　①　　C　③　　D　②

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第４講　確認テスト

問１　(ア)　⑤　　(イ)　⑨　　(ウ)　⑧　　(エ)　⑭
問２　(a)　④　　(b)　13　　(c)　21

【解説】

問１　酵素反応速度は，単位時間あたりの生成物量として評価されるが，これは酵素と基質が結合して形成される“酵素基質複合体”の濃度に比例する。酵素量に対して基質量が少ない時には，基質の濃度を上げることで酵素と基質の衝突の可能性が上がるため，反応速度は上昇する。しかし，基質が十分にある場合は，全ての酵素が基質と結合し“酵素基質複合体”になってしまっている。この場合，それ以上基質濃度を上げても反応速度は上昇しない。

問２

(a)　図１Ａで酵素濃度のみ半分になった場合，すべての基質が反応し生成物になるまでの時間が長くなると考えられる。基質濃度は変えていないので，グラフはエとなる。よって正解は，④となる。

(b)　図１Ａで基質濃度を変えずに酵素濃度が２倍になった場合，すべての基質が反応し生成物になってしまうまでの時間が短くなると考えられる。基質濃度は変えていないので，グラフはウとなる。また図1Bで酵素濃度が２倍になった場合は，全ての基質濃度において，もとの２倍の反応速度となるはずである。ゆえにグラフはクとなる。以上より13が正解となる。

(c)　図１Ａに競争的阻害剤を与えたとしても，ある程度活性のある酵素が残るのであれば，十分な時間がたてばすべての基質を分解し終わると考えられる。ゆえに図１Ａではグラフのエが正しい。また図1Bでは，基質濃度が小さい場合は競争的な阻害の影響が大きいが，基質濃度が大きい場合は活性部位の大部分を本来の基質が占めてしまい阻害剤の結合する機会が少なくなるため，阻害の効果が小さくなると考えられる。ゆえに図1Bではグラフのコが正しい。以上より21が正解となる。